

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Hiago Junio Carvalho Alves

**FACHADA PELE DE VIDRO NO EDIFÍCIO STATEMENT EM BELO HORIZONTE: um
estudo de caso**

Belo Horizonte
2022

Hiago Junio Carvalho Alves

FACHADA PELE DE VIDRO NO EDIFÍCIO STATEMENT EM BELO HORIZONTE: um estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Gestão e Tecnologia na Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte
2022

A474f

Alves, Hiago Junio Carvalho.

Fachada pele de vidro no edifício *Statement* em Belo Horizonte [recurso eletrônico] : um estudo de caso / Hiago Junio Carvalho Alves. – 2022.

1 recurso online (40 f. : il., color.) : pdf.

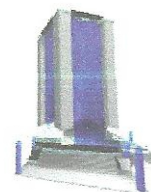
Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Inclui bibliografia.

1. Construção civil. 2. Edifício – Estrutura. 3. Edifícios – Belo Horizonte (MG). 4. Vidro na construção. I. Carvalho Júnior, Antônio Neves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: HIAGO JUNIO CARVALHO ALVES

MATRÍCULA: 2019700055

RESULTADO

Aos 10 dias do mês de janeiro de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“FACHADA PELE DE VIDRO NO EDIFÍCIO *STATEMENT* EM BELO HORIZONTE: UM ESTUDO DE CASO”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 95

CONCEITO: A

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Assinatura

Antonio Neves
de Carvalho Jr

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho Jr
Dados: 2023.01.10 15:22:20
-03'00'

Nome

Prof. M.Sc. Agnus Rogério Rosa

Assinatura

AGNUS ROGERIO
ROSA:45630070649

Assinado de forma digital por
AGNUS ROGERIO
ROSA:45630070649
Dados: 2023.01.10 15:33:21 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 10 de janeiro de 2023

Antonio Neves
de Carvalho Jr

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho Jr
Dados: 2023.01.10 15:22:47
-03'00'

Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

A todos, que a sua maneira, foram essenciais.

RESUMO

O processo evolutivo da construção civil é constante e nos últimos anos tem sido cada vez mais baseado em normas técnicas e estratégias projetuais que garantam a qualidade das construções. O presente trabalho se baseia em um estudo de caso sobre a fachada do Edifício Statement em Belo Horizonte, analisando o processo de projeto, especificações e ensaios realizados. Foram analisados os processos de paginação da fachada, passando pela especificação do vidro e definição do sistema de alumínio além de estratégias projetuais e executivas que possibilitaram um desempenho acústico além do satisfatório.

Palavras-chave: fachada envidraçada; esquadrias; acústica.

ABSTRACT

The evolutionary process of civil construction is constant and in recent years has been increasingly based on technical standards and design strategies that guarantee the quality of constructions. The present work is based on a case study on the facade of the Building Statement in Belo Horizonte, analyzing the design process, specifications and tests carried out. The façade layout processes were analyzed, passing through the specification of the glass and definition of the aluminum system, as well as design and executive strategies that enabled an excellent acoustic performance.

Keywords: glazed facade; window frames; acoustics.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1: | Fachada diurna do Edifício Statement | 12 |
| Figura 2: | Fabrica da Cebrace em 1982 (início da linha Float) | 17 |
| Figura 3: | Linha de fabricação do vidro float. | 17 |
| Figura 4: | Fachada Edifício Statement | 19 |
| Figura 5: | Fachada Edifício Statement | 21 |
| Figura 6: | Fachada Avenida do Contorno | 22 |
| Figura 7: | Detalhe da altura de vão luz e vão cego | 23 |
| Figura 8: | Projeto de paginação da fachada Avenida do Contorno | 25 |
| Figura 9: | Projeto de paginação da fachada Rua Rio Grande do Norte | 26 |
| Figura 10: | Mapa velocidade do vento por região. | 28 |
| Figura 11: | Corte esquemático amplitude dos vidros | 30 |
| Figura 12: | Fabrica da Cebrace em Jacareí, SP. | 31 |
| Figura 13: | Fabrica da Cebrace em Jacareí, SP. | 31 |
| Figura 14: | Imagem de satélite com localização dos pontos de medição. | 33 |
| Figura 15: | Detalhe fechos maxim-ar | 36 |
| Figura 16: | Detalhe da instalação do chumbo na fachada | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Níveis de isolamento de ruído. | 16 |
| Tabela 2: Valores de pressão do vento conforme a região..... | 29 |
| Tabela 3: Características do vidro Cool Lite BRN130..... | 30 |
| Tabela 4: Síntese dos resultados por ponto de medição em ambientes externos... | 34 |
| Tabela 5: Valores de referência para ambientes internos. | 35 |
| Tabela 6: Fluxo viário, por ponto de medição..... | 35 |
| Tabela 7: Gráfico de resultado do terceiro ensaio. | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------|---|
| ABNT | Associação brasileira de normas técnicas |
| CBMMG | Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais |
| NBR | Norma regulamentadora brasileira |
| PVB | Polivinil butiral |
| VHB | <i>Very High Bond</i> (fita adesiva dupla face acrílica de muito alta adesão) |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1 | Objetivo geral | 14 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 14 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 3.1 | Desempenho | 15 |
| 3.2 | Industria de vidro plano no Brasil..... | 16 |
| 4 | METODOLOGIA | 18 |
| 4.1 | Metodologia de obtenção dos dados..... | 18 |
| 5 | ESTUDO DE CASO | 20 |
| 5.1 | O projeto de paginação..... | 23 |
| 5.2 | Definição do sistemista | 27 |
| 5.3 | Especificação do vidro | 30 |
| 5.4 | Ensaio acústico | 32 |
| 6 | CONCLUSÃO | 39 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso da execução da fachada pele de vidro no Edifício Statement na Savassi em Belo Horizonte. O edifício foi projetado em substituição a construções existentes na esquina entre a Rua Rio Grande do Norte e a Avenida do Contorno. Devido à localização estratégica, foi necessário pensar em um edifício moderno, imponente, que fosse um marco para a capital mineira e que atendesse as demandas do mercado imobiliário local. Dessa forma foi projetado um edifício de fachada envidraçada e imponente que se destaca pela arquitetura arrojada e contemporânea.

Ao decorrer desse trabalho serão abordados desde o processo de projeto da fachada do edifício a sua execução, passando por temas como escolha a paginação da fachada, opção por aberturas com ventilação natural (reflexo da pandemia do corona vírus), definição do sistemista de alumínio, especificação do vidro, ensaios acústicos e execução da fachada.

Pode-se observar que os novos edifícios a serem construídos e em construção na cidade de Belo Horizonte passam por uma mudança de linguagem arquitetônica com o emprego de novos materiais e por um avanço tecnológico contínuo fruto do aperfeiçoamento das normas técnicas e busca constante por padrões de qualidade superiores.

Para este trabalho foram analisados documentos e projetos que fizeram parte do processo de projeto e execução da fachada além do acompanhamento em campo da execução da fachada, desde a preparação da estruturam, montagem dos andaimes suspensos, ancoragem, corte dos vidros e barras de alumínio, passando pelo processo de montagem dos quadros da fachada, colagem dos vidros, instalação dos componentes, vedação contra intempéries e acústica e arremates.

Avalia-se o processo de projeto e processo construtivo da fachada envidraçada, assim como se levanta propostas de melhoria para o projeto, aproveitamento de materiais, produtividade em obra e desempenho.

Figura 1: Fachada diurna do Edifício Statement



Fonte: Concreto Construtora

O trabalho se justifica por fazer um estudo de caso de uma fachada atual e imponente no cenário da cidade de Belo Horizonte, evidenciando a técnica utilizada bem como seu processo executivo.

Através deste estudo de caso, observa-se que o material produzido é útil e evidencia as qualidades e benefícios para a aplicação de fachadas envidraçadas em novos edifícios comerciais e residenciais na cidade de Belo Horizonte, visto que o processo executivo é seco, moderno, ágil além de garantir padrões estéticos contemporâneos e arrojados.

2 OBJETIVOS

Serão abordados aqui o objetivo geral e detalhamento os objetivos específicos para o qual esse trabalho foi desenvolvido e publicado.

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de caso da fachada envidraçada do Edifício Statement na Savassi em Belo Horizonte.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são os listados abaixo:

- Estudo do processo de projeto e paginação dos vidros da fachada;
- Análise da definição do sistemista de alumínio da fachada;
- Estudo da especificação do vidro;
- Apresentação dos ensaios acústicos realizados;
- Análise da execução da fachada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A escolha do tipo e sistema de revestimento de fachadas é uma tarefa que tem como base estudos de viabilidade técnica e financeira. No caso do Edifício Statement não foi diferente, a tomada de decisão foi precedida de inúmeros estudos e pesquisas que iremos abordar a seguir.

Quando se iniciaram os estudo sobre a fachada do Edifício Statement as principais premissas foram a linguagem estética da fachada e a velocidade de execução do revestimento. Para tanto, foram avaliadas algumas possibilidades de sistema de revestimento, entre eles o uso de painéis de alumínio composto e sistemas de revestimento de fachada em lajotas cerâmicas.

3.1 Desempenho

Para qualquer sistema adotado de revestimento de fachada é esperado que se tenha desempenho satisfatório e durabilidade elevada. No caso das fachadas envidraçadas para que se garanta o desempenho e uma durabilidade elevada é imprescindível a especificação correta do vidro e do sistema de alumínio levando em consideração características técnicas dos materiais (MOREIRAS, 2005).

A degradação da fachada se dá pela alteração, ao longo do tempo, da composição e propriedades dos materiais, resultando em reduções nos índices de desempenho. Alguns agentes agressivos contribuem para a degradação da fachada, são eles a água, os sais solúveis, os gases, o vento, a temperatura, os seres vivos e outros agentes (Mendes, 2009).

A fachada deve atender a determinados requisitos para desempenhar suas funções básicas de isolamento e proteção. Para tanto, os requisitos podem ser agrupados em três esferas sendo elas Segurança, Sustentabilidade e Habitabilidade. Os requisitos de desempenho são especificados por normas técnicas e ou premissas do empreendedor (OLIVEIRA; MELHADO, 2009).

Quanto à segurança, as fachadas aeradas devem resistir à impactos apresentando resistência contra a ação de choques garantido a segurança aos ocupantes do edifício e as pessoas que estão nas suas proximidades. A fachada deve também ser resistente ao fogo por um período de tempo suficiente que garanta a evacuação da edificação em condições de segurança. Para os requisitos de resistência ao fogo devem ser observadas as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros (OLIVEIRA; MELHADO, 2009).

As fachadas devem garantir também os requisitos mínimos de desempenho térmico e eficiência energética. Para isso, devem ser avaliadas as condições do entorno, as classificações do clima na região da edificação e outras condicionantes.

O isolamento à ruídos é outro fator importante a ser observado, uma vez que o sistema de revestimento e vedação das fachadas devem garantir o conforto sonoro no interior da edificação. Para tanto podemos observar no quadro abaixo que os índices de desempenho são associados a classe de ruído ao qual a edificação é exposta.

Tabela 1: Níveis de isolamento de ruído.

| Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas (fachadas) | | | | | | |
|---|--------------|-----------------|--|----------------|---------|---------|
| Parâmetro | | Ruído Externo | | Desempenho | | |
| | | Classe de ruído | Localização | MÍN | INT | SUP |
| Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada | $D_{2m,r,w}$ | I | Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas | ≥ 20 dB | ≥ 25 dB | ≥ 30 dB |
| | | II | Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III | ≥ 25 dB | ≥ 30 dB | ≥ 35 dB |
| | | III | Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação | ≥ 30 dB | ≥ 35 dB | ≥ 40 dB |

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

Fonte: Portal Acústica.

3.2 Indústria de vidro plano no Brasil

Hoje muito difundido em todo o território nacional, o vidro tem sido cada vez mais usado como revestimento de fachadas de novos edifícios. Existem hoje no Brasil grandes fabricantes de vidros planos, dentre elas a Guardian Glass, AGC do Brasil, Vivix Vidros Planos e Cebrace. Com inovações constantes a indústria de vidros planos tem desenvolvido materiais com características que atendem as normas técnicas atuais.

O vidro plano, também conhecido como vidro float teve sua primeira linha de vidros fabricada pela Cebrace em 1982. Tal linha de vidros recebeu o nome de C1.

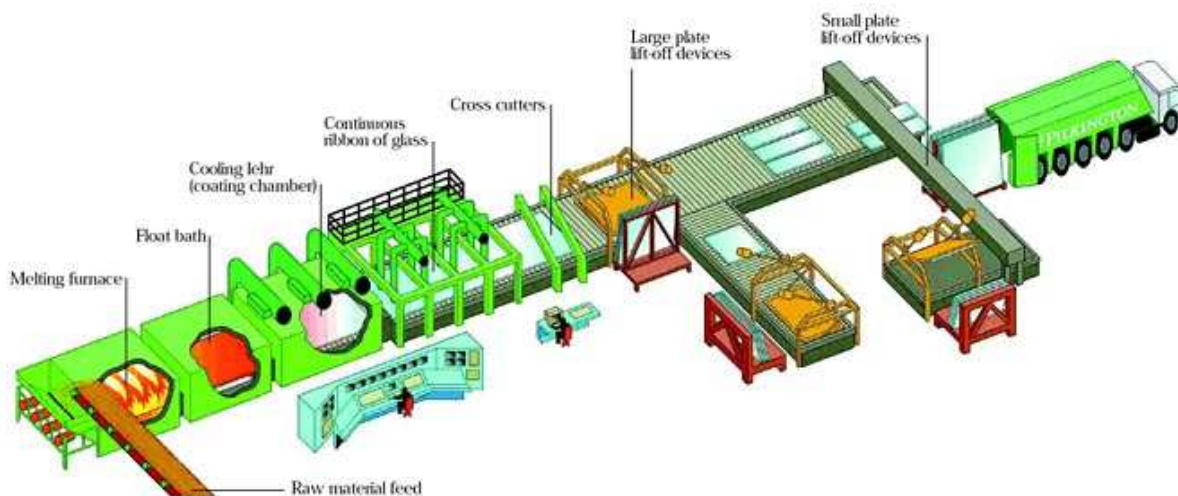
Figura 2: Fábrica da Cebrace em 1982 (início da linha Float)



Fonte: Cebrace.

A partir daí a indústria nacional de vidros float se desenvolveu e passou a fabricar vidros com características mais específicas, como a linha C2 que foi a primeira linha com proteção solar em 1989. Já em 1999 a Cebrace lança a linha de vidros laminados para construção civil, hoje amplamente utilizada em fachadas, guarda corpo e coberturas de vidro.

Figura 3: Linha de fabricação do vidro float.



Fonte: Blindex.

4 METODOLOGIA

Para este trabalho os dados foram obtidos através da análise de documentos e vistas técnicas no local da obra do Edifício Statement localizado na Avenida do Contorno, número 5800, bairro Savassi no município de Belo Horizonte. Foram observados os dados coletados na empresa executora da obra (Concreto Construtora) como por exemplo o histórico do processo de especificação do sistema, escolha dos materiais e detalhes da execução. Os dados foram fornecidos pela empresa executora que é caracterizada pela expertise em obras de edificações de alto luxo no município de Belo Horizonte e pela experiência ao longo de quase 5 décadas na indústria da construção civil. O dados são de extrema relevância uma vez que torna público o processo de projeto e executivo de um edifício icônico para a cidade de Belo Horizonte.

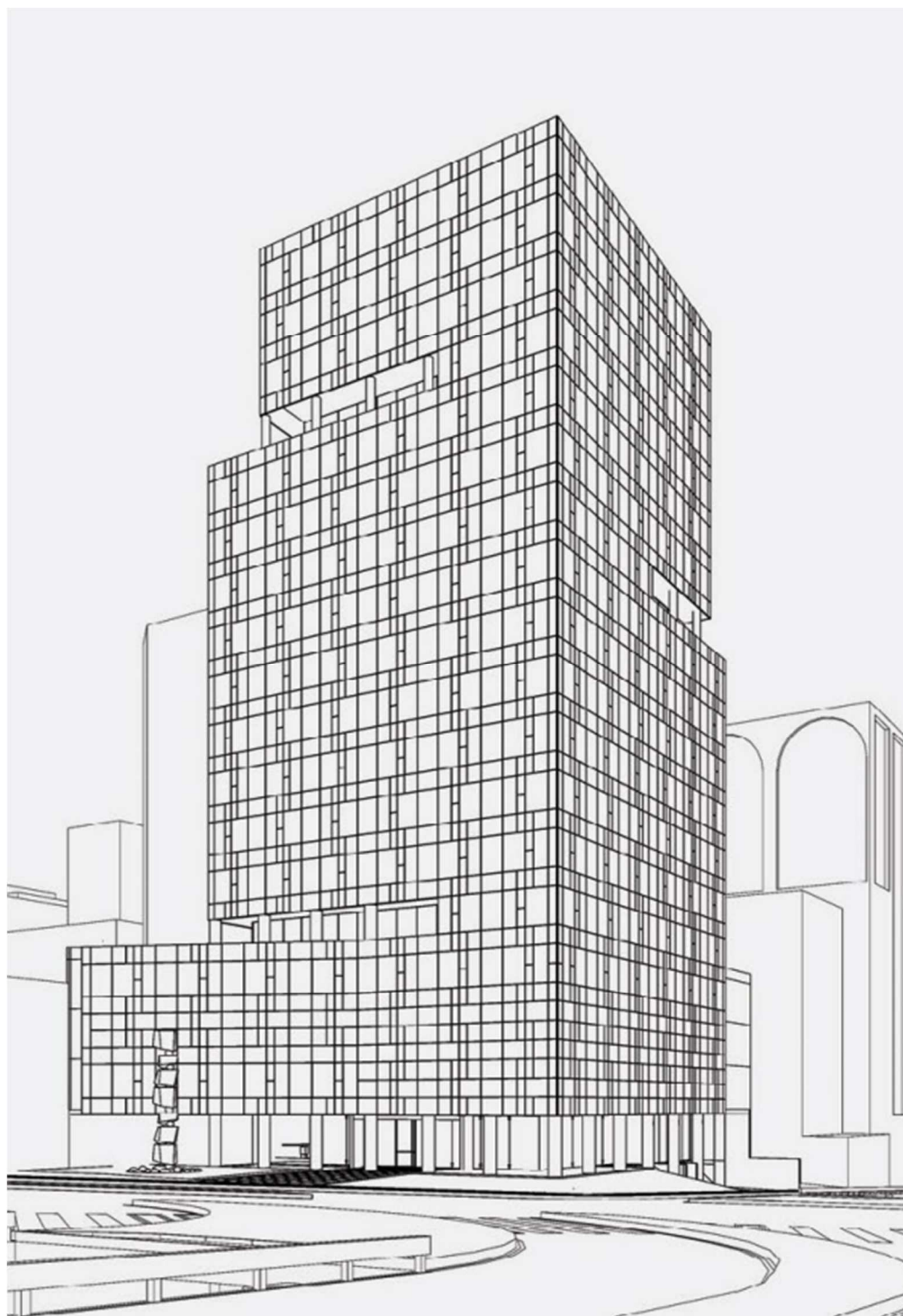
4.1 Metodologia de obtenção dos dados

A obtenção de dados foi feita a partir do acompanhamento de todo o processo de tomada de decisões, especificações, projeto, compra de material, treinamento de mão de obra e acompanhamento da execução do sistema na obra escolhida como estudo de caso, que é o Edifício Statement.

Os dados referentes à especificação do sistema, assim como especificações dos materiais, foram coletados da equalização dos custos feitas através de orçamentos e consultorias técnicas pela empresa construtora e proprietária da edificação. Quanto à execução, foram consultadas base de dados como, por exemplo, os procedimentos internos de execução de serviço da construtora, conversa com engenheiro e mestre de obra responsáveis pela execução, assim como as obras precedentes à obra objeto desse estudo.

Os dados referentes ao desempenho do sistema foram obtidos através de contato com as empresas fornecedoras de material e mão de obra do sistema de fachada envidraçada, assim como o histórico de manutenções e experiências da construtora com outras obras onde foi aplicado o mesmo sistema de revestimento de fachada.

Figura 4: Fachada Edifício Statement



Fonte: Concreto Construtora

Foram também levados em consideração os relatos da equipe executora que apresentou as dificuldades inerentes ao processo executivo, bem como os métodos de execução capazes de aumentarem a produtividade e a qualidade no canteiro de obras.

5 ESTUDO DE CASO

Desde a idealização do projeto foi discutido internamente na construtora o conceito da edificação em função do seu uso e localização. Concebida para ser um edifício com andares corridos comerciais para locação, a proposta desde o início foi que o edifício refletisse o que há de mais moderno em arquitetura e estética, para agregar valor à própria construção além de se tornar um marco para a região e ser capaz através de sua concretização de ser objeto de revitalização urbana para o local onde se insere. Através destes conceitos iniciais, foram feitos os estudos de viabilidade técnica, financeira e legal para a efetivação do projeto.

A partir do estudo de diversos materiais utilizados nos edifícios mais modernos do país e do exterior, chegou-se à conclusão de que o material capaz de agregar os conceitos iniciais seria o vidro. Tal material foi escolhido pelas qualidades estéticas e executivas levando em consideração as características internas e externas da edificação.

Quando se fala em característica interna, um ponto crucial para a escolha da fachada envidraçada foi a característica de amplitude proporcionada pelo vidro aos pavimentos em que ele seria empregado. Amplitude no sentido de proporcionar visadas da paisagem externa a partir do interior da edificação, garantido que todos os lados do pavimento tivessem vista para a cidade de Belo Horizonte. A transparência característica do vidro, possibilita inúmeras opções de layout interno para a edificação, o que foi de grade valia uma vez que não limita o uso dos pavimentos que ainda seriam objeto de locação para empresas que desejassem realizar obras de *fitout*.

A partir do processo de definição da fachada pele de vidro para edificação foram desencadeados outros processos para que o projeto se concretizasse. Entre esses processos, foram desenvolvidos projetos de paginação da fachada observando questões técnicas dos sistemas de esquadrias de alumínio bem como questões estéticas importantes para que os conceitos iniciais se tornassem efetivos. A etapa de projeto levou em consideração os sistemas de esquadrias disponíveis no mercado nacional, os vidros e suas características técnicas e estéticas, a legislação e normas técnicas, a estrutura da edificação e as características do entorno.

Ao longo do processo de criação foram feitos alguns estudos e perspectivas virtuais para ilustrar e evidenciar o que estava em desenvolvimento. Foram feitos comentários por toda equipe envolvida, como o escritório de arquitetura Dávila arquitetura e da equipe comercial e de projetos da Concreto Construtora. O resultado dessas discussões ficou efetivado através da perspectiva ilustrativa abaixo.

Figura 5: Fachada Edifício Statement



Fonte: Concreto Construtora

O edifício objeto deste estudo de caso é composto por um subsolo e dezenove pavimentos, sendo o subsolo composto por estacionamento de veículos leves e de carga, o primeiro pavimento composto pelo hall de entrada e uma loja, do segundo ao quarto pavimento constituídos por andares de garagem para veículos leves e do quinto ao decimo nono pavimento por andares corridos comerciais para locação.

A partir da figura 3 fica evidente que a fachada envidraçada é predominante na edificação, que é composta também por alguns detalhes em veneziana de alumínio, pilares em inox e jardineira ornamentais. Nota-se também a partir da imagem a presença de paginação que sugerem janelas, incluídas no projeto a partir da nova realidade imposta pelo vírus Covid 19.

Figura 6: Fachada Avenida do Contorno



Fonte: Concreto Construtora

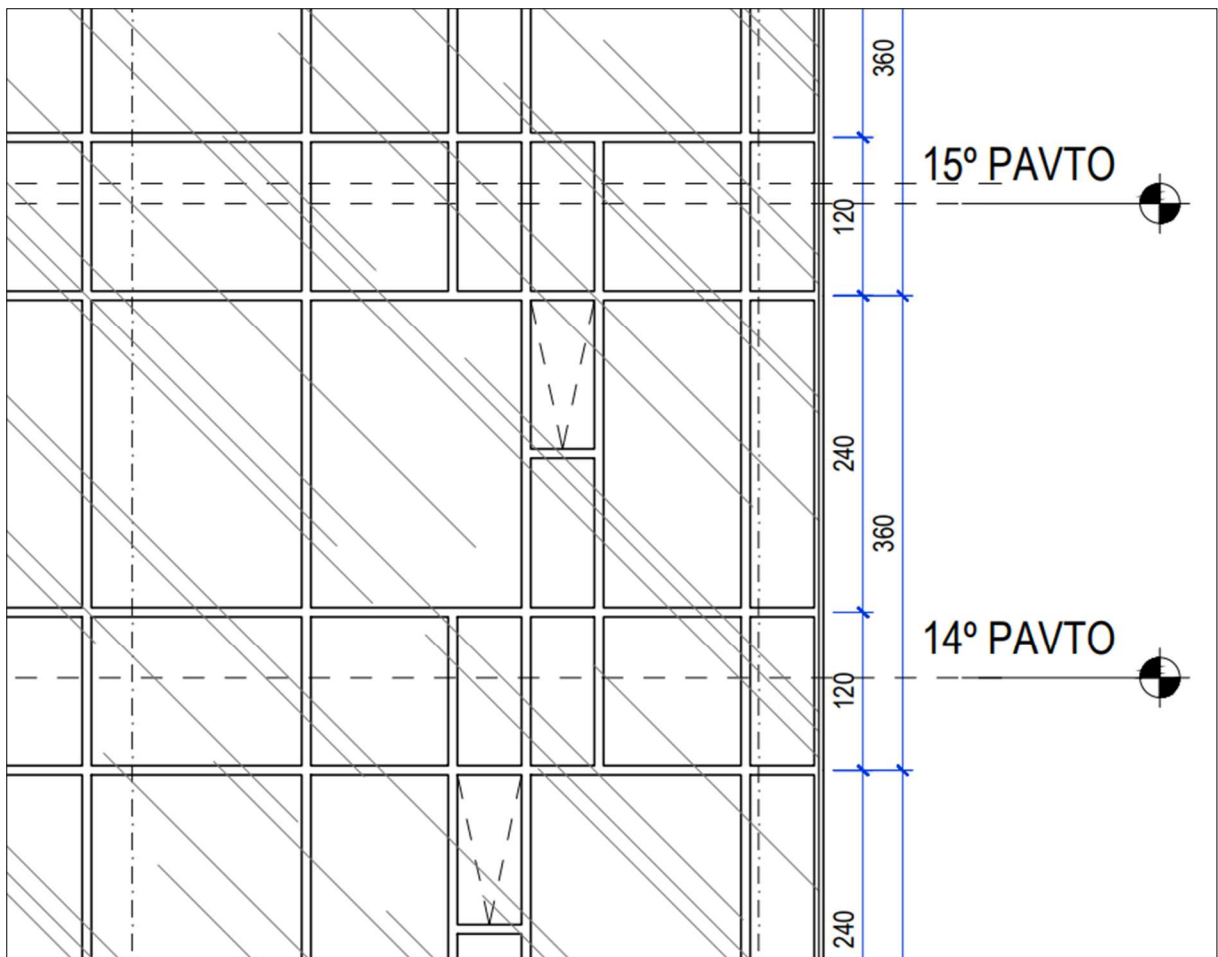
A seguir, serão discutidos detalhadamente os temas projeto, definição do sistema de alumínio e vidro, questões acústicas e a execução da fachada.

5.1 O projeto de paginação

O projeto de paginação da fachada teve seu conceito desenvolvido pela Dávila Arquitetura, escritório que assina o projeto arquitetônico do edifício.

A premissa inicial do projeto era de que os vãos luz fossem compostos de vidros inteiros da base ao topo, dessa forma cada pavimento seria composto por dois vidros em sua altura, um na altura da viga de compartimentação e outro na altura do vão luz. O pé direito entre pisos nos pavimentos tipo é de três metros e sessenta centímetros, tendo a compartimentação vertical mínima de um metro e vinte centímetros exigida pelas normas e instruções técnicas do CBMMG (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais), o vão luz ficou com altura de dois metros e quarenta centímetros.

Figura 7: Detalhe da altura de vão luz e vão cego.



Fonte: Concreto Construtora

De acordo com a Instrução Técnica número 7 do CBMMG, a compartimentação vertical é uma medida preventiva contra a propagação de chamas entre pavimentos através de entrepisos corta-fogo, enclausuramento de escadas e elevadores, selos corta-fogo, registros corta-fogo (dampers), vedadores corta-fogo, elementos construtivos corta-fogo e para-chama de separação vertical entre pavimentos consecutivos além da selagem perimetral corta-fogo.

O projeto de paginação foi pensado de forma a otimizar a execução da fachada, padronizando dimensões para que se possibilitasse o maior número de vidros e quadros com o mesmo tamanho. Para isso foi utilizado como recurso os vidros das esquinas da edificação, estes tiveram seus tamanhos ajustados para que os quadros de vão luz tivessem o mesmo tamanho em todas as fachadas. Sendo assim, somente as esquinas teriam dimensões diferentes e a grande maioria dos quadros da fachada puderam ser padronizados ganhando escala executiva.

Ao longo do desenvolvimento do projeto foram surgindo situações que foram relevantes para a definição do projeto. Inicialmente não estava previsto em projeto aberturas para ventilação natural. Entendia-se que o prédio teria seu próprio sistema de ar condicionado e renovação de ar, não sendo necessário o emprego de janelas para ventilação natural. Porém, ao longo do processo, o mundo foi surpreendido pela pandemia de Covid 19, fazendo com que os modos de vida se modificassem para sempre a partir daquele momento. Uma vez a pandemia declarada, foi necessário repensar a fachada de forma que fosse possível realizar a ventilação natural através de janelas. O projeto então foi modificado, incluindo janelas do tipo maxim-ar ao longo de todas as fachadas e pavimentos, inclusive nas garagens. Tal modificação implicou na aquisição de novos componentes para a fachada, como fechos, gaxetas e perfis assim como trouxe uma questão a ser resolvida que seria a acústica.

Na etapa de paginação da fachada, o tamanho das chapas de vidro também tiveram papel importante. A paginação foi pensada de forma que o aproveitamento através do plano de corte dos vidro fosse o mais econômico possível, reduzindo desperdício de vidro e conseqüentemente o custo da obra.

A partir do projeto de paginação da fachada (figuras 8 e 9) pode-se perceber que o edifício foi pensado de maneira global, não apenas em por partes, tornando o projeto mais completo e assertivo. Todos os pavimentos foram pensados de forma conjunta, tendo os locais de ancoragem da fachada definidos a partir da estrutura de concreto armado da edificação e as dimensões dos vidros pensadas a partir das premissas de projeto e tamanho das chapas de vidro disponíveis no mercado.

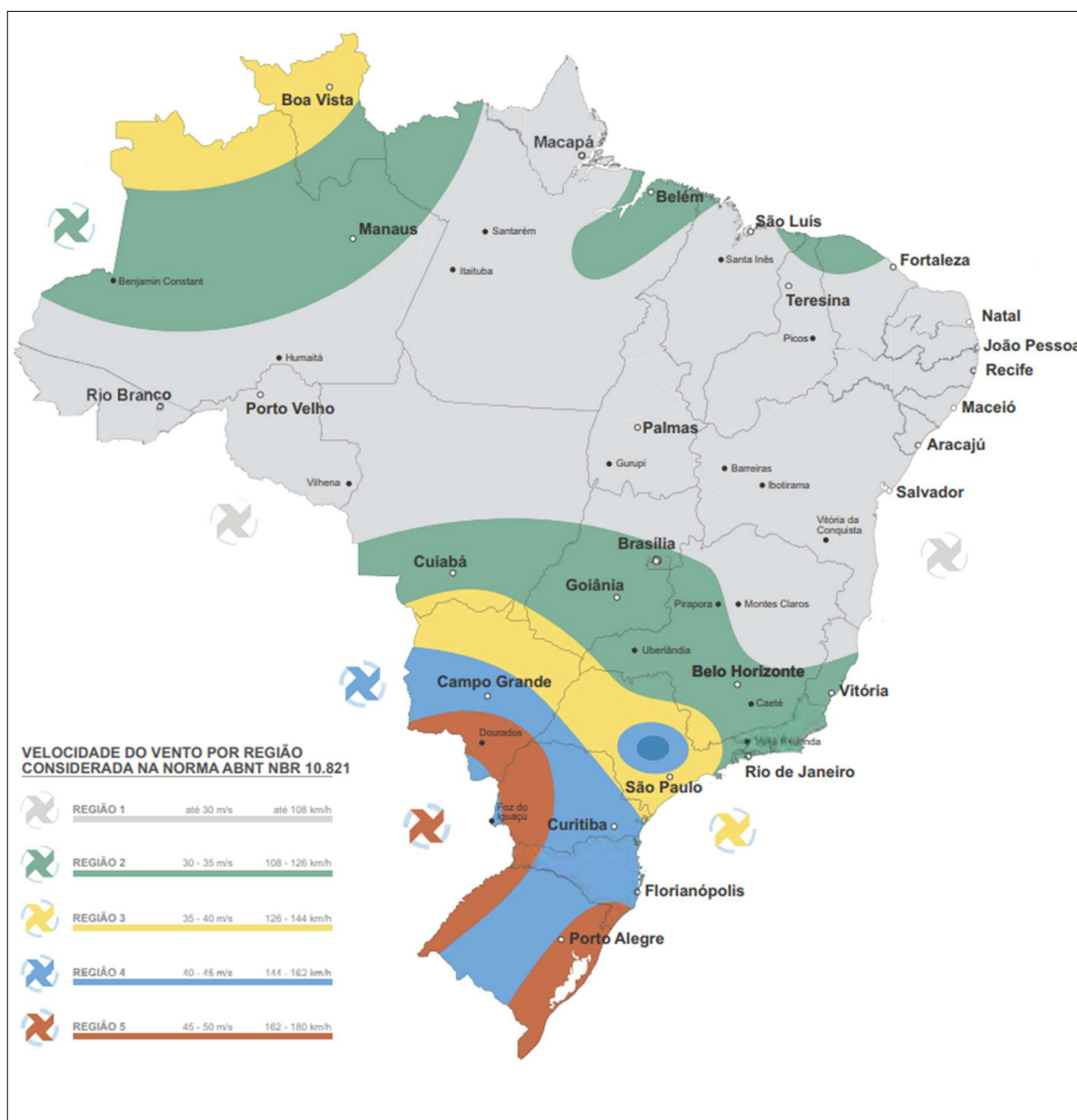
Os recuos de fachada previstos no projeto arquitetônico também foram projetados de forma global com toda a edificação, fazendo com que a paginação dessas esquadrias estivessem alinhadas e conversando com o restante da fachada, resultando em um projeto arrojado e elegante nos detalhes.

Além da fachada envidraçada, parte da fachada é composta por Brise-soleil de alumínio conforme pode ser visto na parte inferior direita da figura 9. O Brise-soleil foi utilizado para revestir as áreas técnicas (salas para condensadoras para o sistema de ar condicionado, captação de ar para o sistema de pressurização de escadas, renovação de ar, extração de fumaça e exaustão de banheiros).

5.2 Definição do sistemista

Para definição do sistemista são levadas em consideração muitos itens como permeabilidade ao ar, estanqueidade, resistência a cargas de vento e resistência a operações de manuseio.

Figura 10: Mapa velocidade do vento por região.



Fonte: Hydro Alumínio

A NBR10821/17 traz a tabela onde é classificada a velocidade do vento conforme região. Além disso a norma ainda traz as condições de ensaios sobre pressão de vento para edificações de até 30 pavimentos ou 90 metros de altura. No caso do edifício em estudo, ele se enquadra dentro da região 02 e com quantidade de 20 pavimentos.

Tabela 2: Valores de pressão do vento conforme a região.

| Quantidade de pavimentos | Altura Máxima | Regiões do País | Pressão do ensaio Pe em (Pa) Positiva e negativa Pe = pp x 1,2 | Pressão de segurança Ps em (Pa) Positiva e negativa Ps = pe x 1,5 | Pressão de água Pa em (Pa) Positiva e negativa Pa = Pp x 0,2 |
|--------------------------|---------------|-----------------|---|--|---|
| 02 | 6 m | I | 350 | 520 | 60 |
| | | II | 470 | 700 | 80 |
| | | III | 610 | 920 | 100 |
| | | IV | 770 | 1160 | 130 |
| | | V | 950 | 1430 | 160 |
| 05 | 15 m | I | 420 | 640 | 70 |
| | | II | 580 | 860 | 100 |
| | | III | 750 | 1130 | 130 |
| | | IV | 950 | 1430 | 160 |
| | | V | 1180 | 1780 | 200 |
| 10 | 30 m | I | 500 | 750 | 80 |
| | | II | 680 | 1030 | 110 |
| | | III | 890 | 1340 | 150 |
| | | IV | 1130 | 1700 | 190 |
| | | V | 1400 | 2090 | 230 |
| 20 | 60 m | I | 600 | 900 | 100 |
| | | II | 815 | 1220 | 140 |
| | | III | 1060 | 1600 | 180 |
| | | IV | 1350 | 2020 | 220 |
| | | V | 1660 | 2500 | 280 |
| 30 | 90 m | I | 660 | 980 | 110 |
| | | II | 890 | 1340 | 150 |
| | | III | 1170 | 1750 | 200 |
| | | IV | 1480 | 2210 | 250 |
| | | V | 1820 | 2730 | 300 |

Fonte: Hydro Alumínio

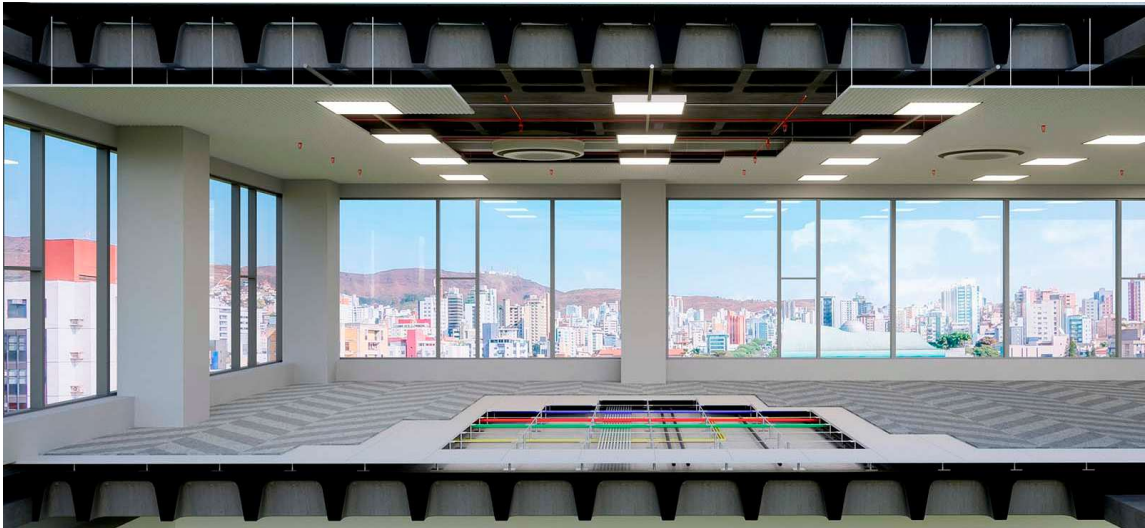
A partir das análises acima, partiu-se para a definição do sistemista, entre eles a Hydro Alumínio, Perfil Alumínio. Foram realizadas cotações em ambas extrusoras de alumínio, avaliando custo por quilo do material, peso total da obra, prazo de entrega e qualidade do produto. A partir dos orçamentos recebidos foram feitas equalizações dos orçamentos e análises internas, ganhando a concorrência a Hydro alumínio com a Linha Cittá – Fachadas tipo Stick.

A linha Cittá é um sistema versátil, podendo ser aplicado em fachadas contínuas, térreas, entre vãos, angular e curva. Além disso, o sistema permite o uso de vidros encaixilhados e colados com silicone estrutural ou fita VHB.

5.3 Especificação do vidro

Para especificação dos vidros foram estudados muitas condicionantes, entre elas os dados de cálculo de pressão, dados da região onde o edifício se localiza, dimensões do edifício e características do vidro (vidro monolítico, laminado, temperado).

Figura 11: Corte esquemático amplitude dos vidros



Fonte: Concreto Construtora

Dentre algumas opções disponíveis o vidro especificado foi o Cool-Lite BRN 130 da Cebrace. O vidro se caracteriza conforme tabela abaixo:

Tabela 3: Características do vidro Cool Lite BRN130

| | | | |
|--|-----------------|---|--------------------------|
|  FATORES LUMINOSOS | CIE (15-2004) |  FATORES ENERGÉTICOS | EN410 (2011-04) |
| Transmissão Luminosa (TL %) 30,8 % | | Transmissão Energética (Te) 19,0 % | |
| Reflexão Luminosa Exterior (RLe%) 17,9 % | | Reflexão (Ree) 21,6 % | |
| Reflexão Luminosa Interior (RLi%) 12,9 % | | Interior (Rei) 18,1 % | |
| | | Absorção (AE1) 59,4 % | |
|  FATORES SOLARES | EN410 (2011-04) |  TRANSMISSÃO TÉRMICA | EN673 (2011-04) |
| Fator Solar (g) 0,3295 | | Ug 5,563 W/m².K | |
| Coefficiente de Sombreamento 0,3787 | | 0° em relação à posição | |
| EMISSIVIDADES | |  DIMENSÕES DE FABRICO | |
| Emissividade Normal Face 1 0,89 | | Espessura Nominal 8,4 mm | |
| Emissividade Normal Face 2 0,89 | | Massa 20,4 kg/m² | |
|  RENDIMENTO DE COR | CIE (15-2004) |  ACÚSTICA | EN12758 |
| Transmissão (Ra) 96,1 | | Valores Acústicos de acordo com a EN 12758 e provenientes de um Organismo | Rw(C;Ctr) = 34(-1;-3) dB |
| Reflexão (Ra) 94,9 | | | |

Fonte: Cebrace

Figura 12: Fabrica da Cebrace em Jacareí, SP.



Fonte: Cebrace

O Brasil conta com grandes indústrias de fabricação de vidro, dentre elas a Guardian Glass, AGC do Brasil, Vivix Vidros Planos e Cebrace.

Figura 13: Fabrica da Cebrace em Jacareí, SP.



Fonte: Abravidro

5.4 Ensaios acústicos

Durante o processo de projeto e definição da fachada, foram realizadas algumas medições do entorno e ensaios para garantir a performance acústica das esquadrias projetadas. O primeiro deles foi a medição do ruído do entorno que teve como objetivo medir os níveis de pressão sonora em conformidade com o método detalhado da norma técnica brasileira ABNT NBR 10151:2019 (item 8.2) 10152:2017 (itens 7.6.2 e 7.7.2). Avaliar a conformidade dos resultados de níveis de pressão sonora em comparação com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019. Registrar e avaliar os resultados de níveis de pressão sonora, de acordo com a ABNT NBR 10151:2019, no entorno do empreendimento, para subsídio às especificações de desempenho acústico de fachada de edificação, em atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-4. Para tanto foram realizadas medições dos níveis de pressão sonora total no dia 14 de maio de 2021, entre 18h e 23h. Para cada ponto de medição foram feitas duas medições, a primeira delas identificada na tabela como “Níveis de pressão sonora no período diurno” aconteceu entre 18:00 e 19:00 horas (horário de grande circulação de veículos e livre de ruídos gerados pela execução da obra). A segunda medição identificada na tabela 4 como “Níveis de pressão sonora no período noturno” aconteceu entre 22:00 e 23:00 horas (horário com menor circulação de veículos e também livre de ruídos gerados pela execução da obra). O fluxo de veículos durante os horários de medição foi levantado conforme síntese na tabela 6.

As principais fontes sonoras residuais, identificadas durante as medições, estão associadas aos ruídos do tráfego de veículos. As principais fontes sonoras provêm da Avenida do Contorno, onde está localizado grande parte das fontes sonoras.

Neste ensaio foram definidos os seguintes pontos externos:

- PE-01: localizado sobre a calçada do empreendimento, esquina da Av. do Contorno com R. Rio Grande do Norte;
- PE-02: localizado sobre a calçada oposta do empreendimento, esquina da Av. do Contorno com Av. Nossa Senhora do Carmo;
- PE-03: localizado na esquina da Rua Rio Grande do Norte com R. Antônio de Albuquerque;
- PE-04: localizado na Av. do Contorno, cruzamento com Av. Cristóvão Colombo;

Tabela 4: Síntese dos resultados por ponto de medição em ambientes externos

| Pontos de Medição | Níveis de pressão sonora no período diurno | | Níveis de pressão sonora no período noturno | |
|-------------------|--|-------------|---|-------------|
| | $L_{Aeq}(total)$ (dB) | U (dB) | $L_{Aeq}(total)$ (dB) | U (dB) |
| PE-01 | 70,7 | 1,6 | 70,0 | 1,6 |
| PE-02 | 70,9 | 1,6 | 68,9 | 1,6 |
| PE-03 | 74,3 | 2,0 | 67,1 | 2,0 |
| PE-04 | 72,7 | 1,6 | 75,4 | 1,6 |
| PE-05 | 70,0 | 2,0 | 67,4 | 2,0 |
| PE-06 | 72,0 | 2,0 | 70,8 | 2,0 |
| PE-07 | 70,2 | 1,6 | 66,9 | 1,6 |
| PE-08 | 72,1 | 1,9 | 72,9 | 2,0 |

Fonte: Db Laboratório de Acústica

Consideradas as características do projeto arquitetônico deste empreendimento e as características das edificações existentes em seu entorno, verifica-se que as fachadas frontal e laterais estão expostas a incidência direta do ruído de tráfego urbano. A fachada frontal recebe ruído proveniente da Av. do Contorno, Av. Nossa Sra. do Carmo e cruzamento das ruas Grão Mogol e rua Professor Moraes e da Av. do Contorno com Av. Cristóvão Colombo. A fachada lateral direita recebe ruído da Av. do Contorno, Av. Nossa Sra. Do Carmo, rua Rio Grande do Norte e do cruzamento das ruas Grão Mogol e rua Professor Moraes. A fachada lateral esquerda recebe ruído da Av. do Contorno, e do seu encontro com a Av. Cristóvão Colombo. Já a fachada posterior está protegida de ruídos devido aos prédios vizinhos, porém recebe os ruídos de tráfego na trincheira da rua Rio Grande do Norte.

A ABNT NBR 10152:2017 “Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações” recomenda os limites sonoros representativos para diferentes ambientes interno de uma edificação. Assim, a eficiência de isolamento acústico da fachada é determinante à garantia dos níveis sonoros internos, de acordo com a finalidade de uso de cada ambiente.

Tabela 5: Valores de referência para ambientes internos.

| Finalidade de uso Escritórios | Valores de referência | | |
|---|-----------------------|--------------|-----------|
| | RL_{Aeq} | RL_{ASmax} | RL_{NC} |
| Centrais de telefonia (<i>Call Center</i>) | 50 | 55 | 45 |
| Circulações | 50 | 55 | 45 |
| Escritórios privativos (gerência, diretoria etc.) | 40 | 45 | 35 |
| Escritórios coletivos (<i>open plan</i>) | 45 | 50 | 40 |
| Recepções | 45 | 50 | 40 |
| Salas de espera | 45 | 50 | 40 |
| Salas de reunião | 35 | 40 | 30 |
| Salas de videoconferência | 40 | 45 | 35 |

Fonte: Db Laboratório de Acústica

É possível concluir a partir das tabelas acima que o ruído proveniente da área externa da edificação é superior aos níveis de ruído referência para ambientes internos, tendo a fachada como uma das premissas a atenuação sonora dos ruídos provenientes do exterior da edificação.

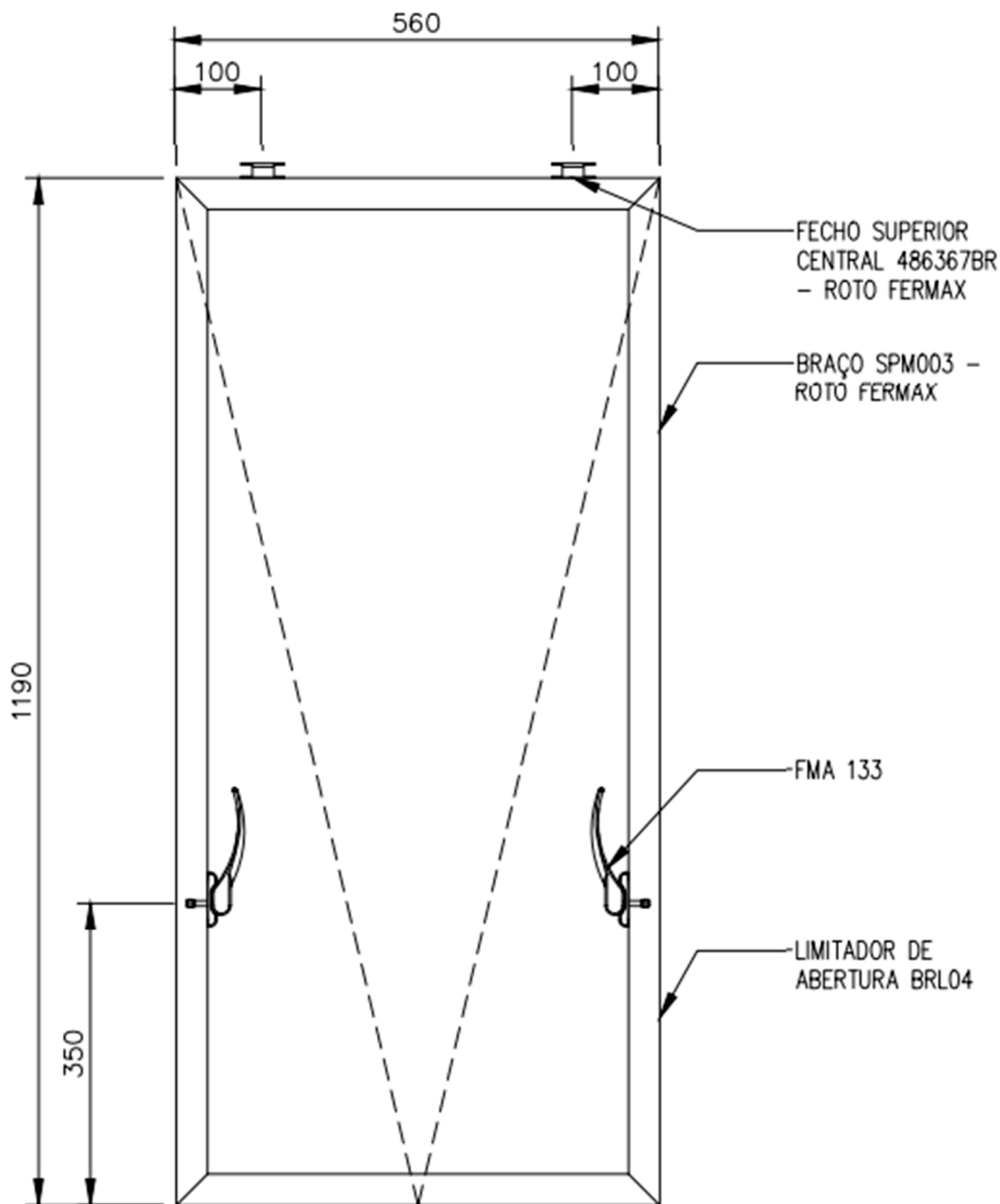
Para que fossem atingidos os níveis satisfatórios de atenuação sonora, foram empregadas estratégias projetuais e executivas para melhorar a eficiência acústica do sistema de fachada Citta. O vidro especificado em função desses resultados foi o vidro laminado de 4mm com PVB interno e lamina externa de 6mm, tendo espessura total de 10mm. Além do vidro, foram especificados dois fechos por abertura maximizar, de forma que se garantisse a vedação das janelas e reduzisse a transmissão sonora do ambiente externo para o interno.

Tabela 6: Fluxo viário, por ponto de medição.

| Pontos de Medição | Fluxo viário no Período diurno | | | Fluxo viário no Período noturno | | |
|-------------------|--------------------------------|--------------|----------------|---------------------------------|--------------|----------------|
| | <i>Motocicletas</i> | <i>Leves</i> | <i>Pesados</i> | <i>Motocicletas</i> | <i>Leves</i> | <i>Pesados</i> |
| PE-01 | 095 | 569 | 027 | 050 | 117 | 009 |
| PE-02 | 103 | 448 | 010 | 045 | 093 | 009 |
| PE-03 | 079 | 690 | 010 | 015 | 033 | 000 |
| PE-04 | 061 | 162 | 006 | 110 | 463 | 023 |
| PE-05 | 080 | 417 | 055 | 025 | 163 | 003 |
| PE-06 | 040 | 092 | 024 | 040 | 122 | 000 |
| PE-07 | 060 | 420 | 026 | 044 | 091 | 005 |
| PE-08 | 005 | 300 | 005 | 005 | 060 | 004 |

Fonte: Db Laboratório de Acústica

Figura 15: Detalhe fechos maxim-ar.



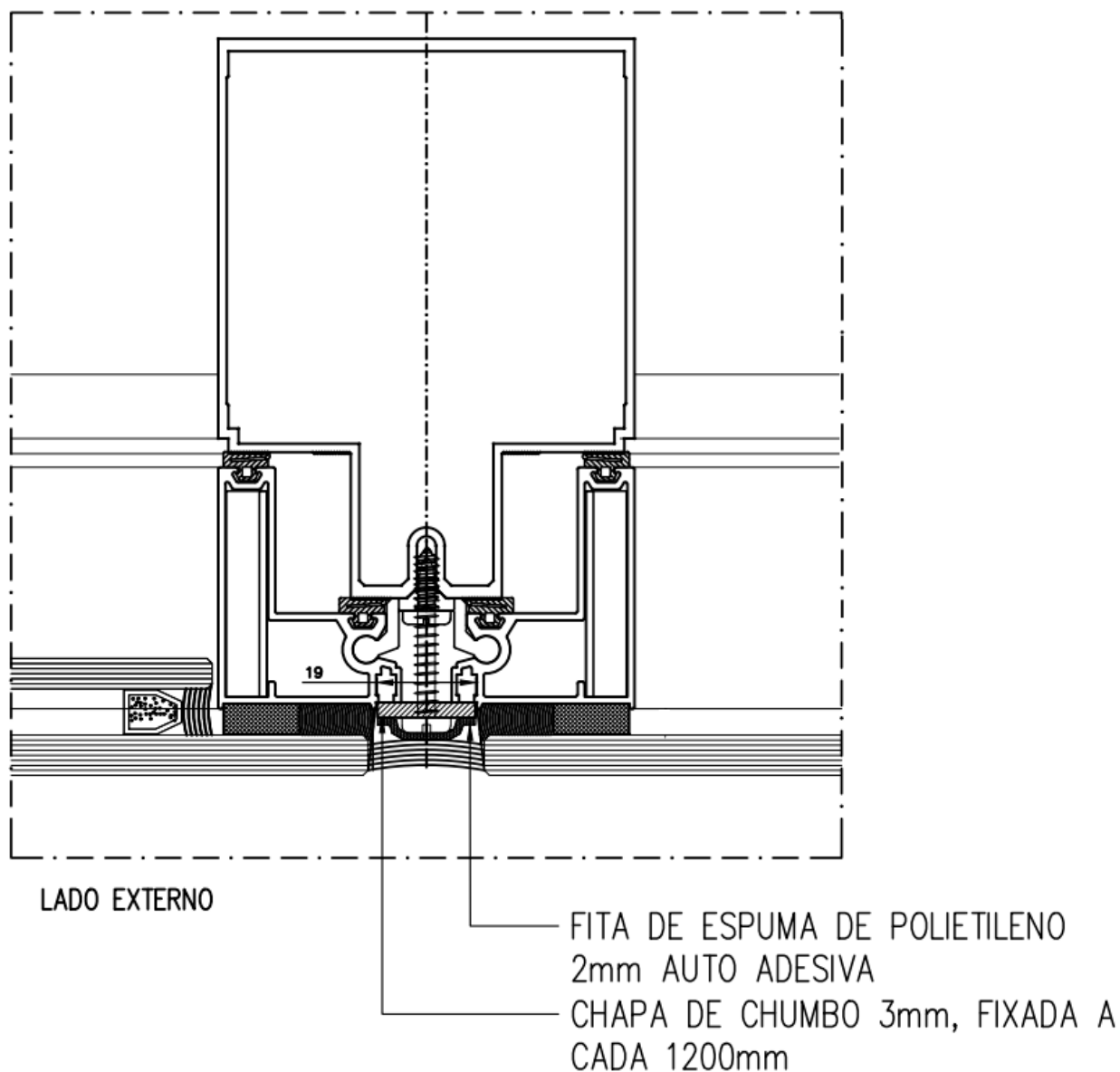
Fonte: BM Consultoria de esquadrias

Para efeito de comprovação e testagem das soluções projetuais propostas, um protótipo da fachada foi submetido a ensaios antes da execução de toda a fachada. Foram então realizados dois ensaios, o primeiro deles em dezembro de 2021 e o outro em fevereiro de 2022.

No primeiro ensaio em dezembro de 2021 constatou-se que diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada (D_2 m, n T, w) equivale a 20 dB. Este resultado se mostrou insuficiente para que fosse atingido os parâmetros

exigidos pela norma. Então, foi proposto o uso de chapas de chumbo entre os vidros da esquadria, na região onde seria feita a vedação com silicone. O protótipo foi ajustado e submetido a novo ensaio.

Figura 16: Detalhe da instalação do chumbo na fachada.

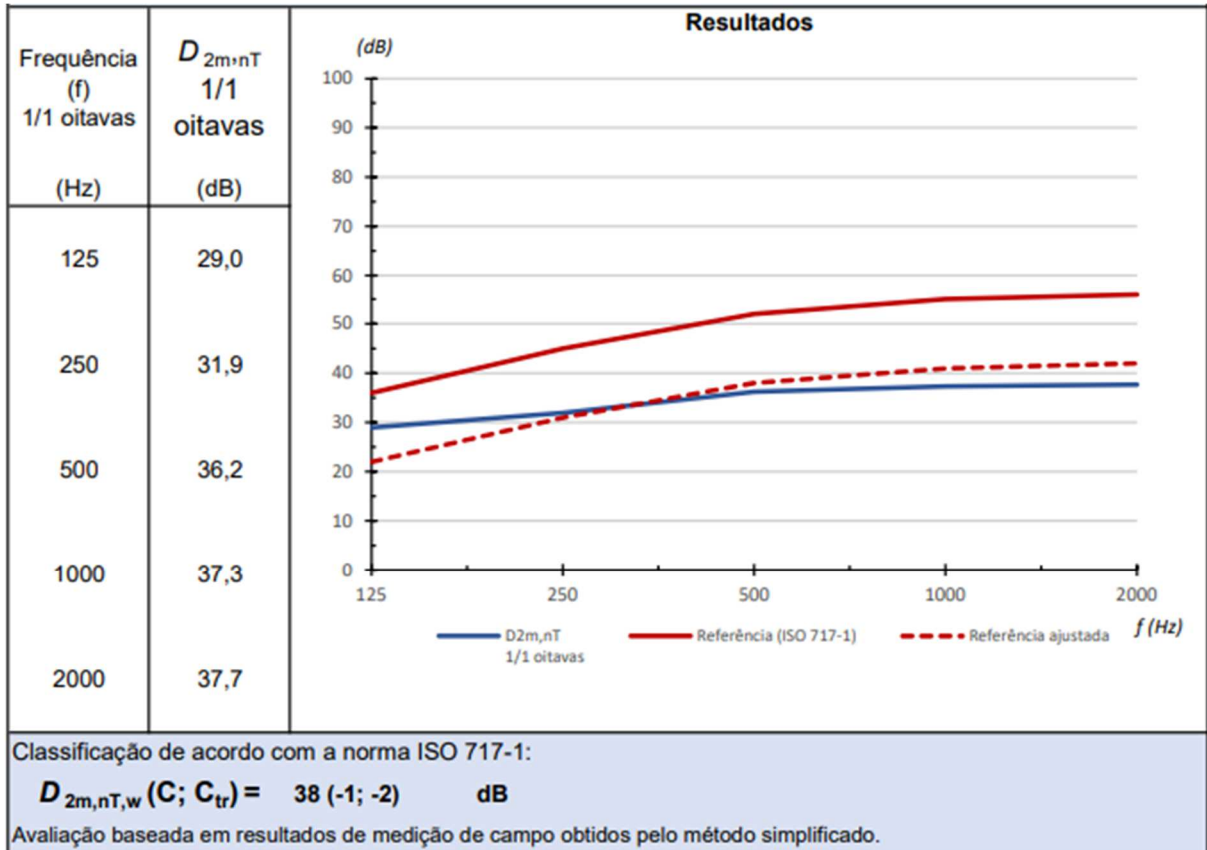


Fonte: BM Consultoria de esquadrias

No segundo ensaio realizado em fevereiro de 2022, já com a aplicação das chapas de chumbo, verificou-se uma diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada (D_2 m, n T, w) equivale a 26 dB. Este ensaio apresentou diferença positiva de atenuação de 6db, o que garantiu o atingimento dos parâmetros recomendados pela norma.

Após a conclusão da fachada foi realizado um terceiro ensaio para aferir a atenuação acústica da fachada em modelo real. Este último ensaio rendeu bons resultados e surpreendeu as expectativas. Foi constatada atenuação média de 38db.

Tabela 7: Gráfico de resultado do terceiro ensaio.



Fonte: Db Laboratório de Acústica

Dessa forma, conclui-se que as estratégias projetuais foram efetivas e renderam resultados superiores aos esperados.

6 CONCLUSÃO

Para execução de fachadas envidraças são necessários muitos estudos e discussões. Existem diversos fatores e características que são necessárias serem observadas no processo de definição da fachada. Requisitos lumínicos, acústicos e de vedação devem sempre ser pauta quando se trata desse tipo de fachada. Soluções economicamente viáveis devem ser propostas para garantir o desempenho satisfatório da fachada.

Quanto à manutenção o sistema se mostra muito eficiente, não sendo exigido intervenções frequentes, uma vez que o sistema é fixado de forma a absorver grande parte da movimentação da estrutura e vidro tem grande resistência à intempéries.

A execução de fachada envidraçada é reconhecida por ser mais veloz que os métodos convencionais devido ao nível de industrialização e tecnologia do sistema, resultando em altos índices de produção, fator favorável e determinante para escolha e utilização desse tipo de sistema.

O planejamento de todo o processo do sistema de revestimento de fachada envidraçada, desde sua idealização passando pelo controle e elaboração do projeto executivo, compra e gerenciamento dos materiais até a execução do revestimento na fachada, mostra-se de suma importância para a segurança e sucesso deste método de revestimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLINDEX. **O que é vidro float?**. Disponível em: <<https://www.blindex.com.br/sobre-a-blindex/historia-do-vidro/o-que-e-vidro-float#>>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

BNDES. **A indústria de vidro plano: conjuntura atual e perspectivas**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/?locale=pt_BR>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

CEBRACE. **Os tipos de vidro: Conheça os tipos de vidros e suas características, 2021**. Disponível em: <<https://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/os-tipos-de-vidro>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2022.

HYDRO. **Sistema de esquadrias para o segmento comercial**. Disponível em: <https://www.hydro.com/globalassets/08-about-hydro/hydro-worldwide/brasil/extrudados/materiais-tecnicos/catalogo_citta.pdf>. Acesso em: 18 de novembro de 2022.

MENDES, F. M. V. P. **Durabilidade das Fachadas Ventiladas. Aplicação da Norma ISO 15686-1**. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

MOREIRAS, S. T. F. **Estudo Sobre Revestimentos de Fachadas de Edifícios Altos Com Placas de Granitos Ornamentais**. 92f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

OLIVEIRA, L. A; MELHADO, S B. Projeto de Fachadas Leves: Especificação de Desempenho. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo. V.16, n.25, p.272-290,2009.